3 1761 07472724 9

Ueber die

Schnelligkeit unſeres Empfindens und Wollens.

RETURN TO
DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY LIBRARY
UNIVERSITY OF TORONTO

Vortrag, am 21. Januar 1868 gehalten

von

W. v. Wittich,
in Königsberg in Pr.

LIBRARY
JUL 13 1933
UNIVERSITY OF TORONTO

H&SS
A
6135

Berlin, 1868.
C. G. Lüderitz'ſche Verlagsbuchhandlung.
A. Charisius.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

1076496

„Schnell wie ein Gedanke" ist eine so sprichwörtlich gewordene Bezeichnung für die Unmeßbarkeit eines Vorganges, daß es fast vermessen erscheint, den Glauben an die Richtigkeit dieses Vergleichs, der ja auf einer ganz allgemein giltigen Annahme fußt, zu erschüttern. Die wissenschaftliche Forschung kennt aber nun einmal eine solche Besorgniß nicht; giebt doch die Geschichte uns Beispiele genug, in denen sie noch weit mehr eingewurzelten Anschauungen entgegentrat, und in denen es ihr gelang, wenn auch mühsam, doch endlich der Wahrheit den Sieg über den alt-hergebrachten Glauben zu verschaffen. Was half es der sich selbst für ewige Zeiten verurtheilenden Inquisition, den weitblickenden Geist eines Galilei niederzubeugen? die von ihm vertretene Lehre hat doch schließlich den Sieg über die allgemeine Anschauung wie über die biblische Tradition davon getragen.

So schwer wie den Galilei und Copernicus jener Zeiten dürfte es jedoch der Physiologie nicht einmal werden, den Glauben an die Unmeßbarkeit unseres Denkens, Wollens und Empfindens zu erschüttern. Einmal dürfte die Zahl derer, welche die heilige Schrift auch heute noch als eine naturwissenschaftliche Autorität auffassen, nicht mehr so groß, ihr Einfluß nicht mehr so gewaltig sein, als in jenen Zeiten; dann

aber sprechen doch bei näherer Ueberlegung schon mancherlei Thatsachen dafür, daß jene nicht ganz wörtlich zu nehmen sei. Weiß doch jeder von uns, daß auch das Denken seine Zeit erfordert, daß wir nicht zwei Dinge gleichzeitig zu betreiben vermögen, daß wer (wie wir es unsern Kindern tagtäglich predigen) Alles mit einem Male will, nichts erreicht, daß wir nicht einmal zwei Empfindungen gleichzeitig unsere ungetheilte Aufmerksamkeit zuwenden können, daß es uns schon schwer wird, gleichzeitig angestrengt zu denken und eine, bestimmten Zwecken dienende Bewegung auszuführen. Genug, alle diese Vorgänge des Empfindens, Wollens und Denkens erfordern ein Nacheinander; was aber nach einander geschieht, das muß jedes einzeln eine gewisse Zeit für sich beanspruchen. Wir befinden uns also der Meßbarkeit unserer geistigen Thätigkeiten gegenüber in einer unendlich viel günstigeren Lage, als bei manchen andern Erscheinungen, welche schon ein scharfes Nachdenken, ein tieferes Verständniß erfordern, um überhaupt ihren zeitlichen Verlauf zu erfassen. Und doch hat die Wissenschaft uns auch für sie Mittel und Wege gelehrt, sie aufs Genaueste zu messen. Zu den schwierigsten Aufgaben gehört es, sich das Licht als eine Bewegung vorzustellen, alle unsere irdischen Verhältnisse bieten uns keinen Halt, um uns von seinem zeitlichen Verlauf auch nur annähernd eine Anschauung zu geben, und doch wissen wir heute, daß das Mondenlicht 1 Sekunde, das der Sonne 8 Minuten, das vieler unserer Fixsterne eben so viele Jahre und mehr braucht, um zu unserm Auge zu gelangen.

Wenn nun aber auch nach alledem es wahrscheinlich, ja gewiß wird, daß wir zum Denken, wie überhaupt zu jeder geistigen Thätigkeit Zeit brauchen, was bedarf es dann noch der Messung?

Immer wird die auf jene verwendete Zeit eine verschwin-

dend kleine, und, höre ich sagen, sicherlich nicht bei Allen eine gleiche sein. Meine Antwort hierauf ist, daß die Anforderungen an eine wissenschaftliche Erforschung nicht immer auch die des täglichen Lebens sind, daß für jene erst das Inhalt wirklichen Wissens ist, was sie zu messen im Stande ist.

Wohl mögen wir unsere Mährchen, in welchen wir Dinge erzählend an einander reihen, die weder an einen bestimmten Ort, noch an eine bestimmte Zeit gebunden sind, mit jenen, uns aus unserer Kinderzeit so angehm herüberklingenden Worten „es war einmal" beginnen; von dem Geschichtschreiber, der uns ein wirklich Geschehenes erzählen, ein Bild seiner oder vergangener Zeiten entwerfen, uns den ursächlichen Zusammenhang dieser oder jener Thatsache entwickeln will, fordern wir, daß nur das ihm Thatsache ist, was er nach Zeit und Ort aufs Genaueste, für Jedermann wieder erkennbar, bestimmen kann. Auch im täglichen Leben bleiben Vorgänge, welche uns in den unbestimmtesten Umrissen erzählt werden, nur Gerüchte, so lange ihnen nicht durch genaue Angabe von Ort und Zeit der Stempel der Thatsache aufgedrückt wird. Jene kann ich wohl aus inneren oder äußeren Gründen für wahrscheinlich glaubwürdig halten, diese weiß ich. Nicht anders aber stehen wir den naturwissenschaftlichen Thatsachen gegenüber, erst die Erscheinungen können und dürfen wir als solche anerkennen, deren räumliche wie zeitliche Verhältnisse wir aufs Genauste anzugeben vermögen, die wir auf bestimmte Werthe zurückführen — messen können.

Darf daher die Wissenschaft bei der noch so großen Wahrscheinlichkeit nicht stehen bleiben, ist es vielmehr ihre Aufgabe, sie zur Wahrheit zu machen; so sind doch auch die weiteren Erfolge dieser noch so ins Kleinste gehenden Messungen nicht zu unterschätzen, wenn sie auch nicht augenblicklich und für Jedermann leicht verständlich zu Tage treten.

Wenn wir uns die Virtuosität vergegenwärtigen, mit welcher heut zu Tage jedes Schulkind seine Zeit abzumessen und einzutheilen im Stande ist, wenn wir sehen, wie unser bürgerliches Leben, je vielseitiger es nach allen Richtungen hin ward, auf einer immer genaueren Zeiteintheilung fußt, wie unsere jetzigen großen Verkehrsmittel: Eisenbahnen, Telegraphen kaum noch anders als nach Minuten rechnen, und dadurch die Genauigkeit ihrer Zeittheilung andeuten; dann wird es uns schwer, uns in jene, nicht einmal gar so fernen Zeiten zurückzudenken, in denen weder dem Glücklichen, noch dem Unglücklichen eine Stunde schlug. Und doch erinnern wir uns selbst noch jener seligen Kinderzeiten, in denen auch wir, unbekümmert um Zeit und Stunde, unsern ganzen Lebenslauf nur nach Tag und Nacht und nach den großen Freuden und Festtagen des Jahres abmaßen. Und doch finden wir auch wohl noch abwegs von dem Verkehr unserer großen Städte den Landmann, dem außer der Kirchthurmuhr seines Oertchens kein anderes Zeitmaß zu Gebote steht, seine Arbeitszeit nach dem Lauf der Sonne, des Mondes oder der Gestirne eintheilen; treffen wir noch auf öder Haide einen vereinsamten Hirtenjungen, der in klassischer Art seine Zeit nach der Fußlänge des eigenen Schattens abmißt; wer aber denkt heute noch beim Anblick einer Taschenuhr, eines auf wenige Druckseiten zusammengedrängten Kalenders, wie viele Jahrtausende des eifrigsten astronomischen Beobachtens hingehen mußten, um beide zu dem zu machen, was sie heute sind! Wer vergegenwärtigt sich, daß letzterer in seinem oft so unscheinbaren Kleide mit die größten Errungenschaften menschlichen Forschens und Strebens birgt!

Wer aber würde aus den Einzelbestrebungen der Astronomen, aus ihren bis ins Kleinste gehenden Beobachtungen, Messungen und Berechnungen vermuthen, daß aus ihnen die

Grundlagen und die Genauigkeit einer Zeiteintheilung hervorgehen sollte, ohne die wir uns unsere heutigen gesellschaftlichen, staatlichen und geschäftlichen Verhältnisse kaum denken können. Die Beziehungen unserer Frage nach den zeitlichen Verhältnissen unserer geistigen Thätigkeit zur Astronomie sind aber noch viel innigerer Natur, als es auf den ersten Blick erscheinen möchte.

„Denn unter den Instrumenten[1]) (so lauten die Worte eines Astronomen), deren sich die Astronomie zu allen diesen so werthvollen Messungen bedient, nimmt der Sinnesnerv eine nicht unwichtige Stelle ein, dessen sozusagen instrumentale Abweichung und Fehler zu bestimmen ihm von gleicher Bedeutung ist, als die Fehler jedes anderen Instrumentes." Oft wohl mißt er nach Bruchtheilen einer Sekunde die millionenweite Bahn eines Gestirns, — wie aber, wenn ein Theil jener von ihm beobachteten Zeit allein auf den Vorgang in ihm selbst, darauf vergeht, daß die Beobachtung ihm selbst zum Bewußtsein kommt?

Wenn ich es nun trotz der Bedenken gegen die Wichtigkeit dieses Unternehmens, die Zeiten unsers Empfindens, Wollens, Denkens auszumessen, und trotz der Schwierigkeit des zu behandelnden Gegenstandes wage, darzulegen, wie man eine solche Messung anstellen könne, so leitet mich dabei noch eine ganz besondere Absicht. Es ist in früheren Vorträgen[2]) so Manches von dem entwickelt, was die Naturlehre des Menschen zur Erledigung der wichtigsten und auch wohl interessantesten Fragen bisher geleistet hat; sollte es da nicht von Interesse sein, in die Werkstatt dieser Wissenschaft selbst einzutreten, um zu sehen, *wie* sie es zu leisten sich bemüht?

Damit ich aber die Erwartungen, die sich wohl an die Beantwortung dieser Frage knüpfen mögen, nicht zu hoch spanne, möchte ich, bevor wir an den ganzen hierzu erforderlichen wis-

senschaftlichen Apparat treten, die Frage, deren Beantwortung hier erwartet wird, möglichst genau umgrenzen.

Alle unsere geistige Thätigkeit ist wesentlich begründet durch unser Empfinden und Wollen. Jene ist uns die Quelle aller Erfahrung, aus ihr schöpft unsere Erkenntniß, sie schafft uns somit das Material für all unser Denken. Denn so selbstständig dieses auch scheinbar erfolgen mag, so liegt ihm doch schließlich das zu Grunde, was wir, wenn auch nicht unmittelbar vorher, so doch früher einmal gesehen, gehört, gefühlt haben; sind doch alle dem Denken nothwendigen Vorstellungen theils direkt hervorgegangen aus der sinnlichen Anschauung, oder, z. B. die der Zeit und des Raumes, aus ihnen erschlossen. Der durch unsere Erfahrung geläuterte Wille bestimmt und regelt unser Thun und Handeln. Wie aber, die alles Denken vermittelnde sinnliche Wahrnehmung zunächst nur ein Vorgang in unsern empfindenden Nerven, so ist alle unsere sittliche und geistige Entwickelung kennzeichnende Willensäußerung in erster Reihe eine verschiedenen Zwecken angepaßte Bewegung; denn auch, wenn wir durch den Willen die Richtung unserer sinnlichen Wahrnehmung, somit den Gang unserer Gedanken bestimmen, so geschieht dies doch wesentlich durch die Bewegung der hierbei thätigen Organe. Wir richten unser Auge auf die Dinge, die wir sehen, unser Ohr auf die, die wir hören, nähern unsere tastende Hand denen, die wir fühlen wollen. Sind nun auch beide, Empfinden und Wollen zunächst nur möglich durch die Thätigkeit unserer Empfindungs- und Bewegunsnerven, ist ihnen auch ohne diese eine jede Möglichkeit genommen, sich zu äußern, so lehrt doch schon die tägliche Erfahrung, daß die Vorgänge in den Nerven allein noch nicht das Wollen und Empfinden selbst sind. Von den unzähligen Eindrücken, welche beständig unser Auge, unser Ohr treffen, werden verhältnißmäßig nur wenige wirklich Gegenstand

unserer Wahrnehmung. Alle erregen sie unsere Nerven, weniger aber werden wir uns wirklich bewußt. Und wie viele der unzähligen uns möglichen Bewegungen, die wir im Leben ausführen, sind denn wirklich gewollte? Auch der des Augenlichts Beraubte ist oft noch vollkommen befähigt, sich Gesichtsvorstellungen aus dem Gedächtniß hervorzurufen, während der Gelähmte trotz seines noch so energischen Willens sich außer Stande fühlt, diesen durch irgend welche Bewegung zu äußern. Dies alles deutet unzweifelhaft darauf hin, daß wir bei diesen fundamentalen Thätigkeiten unseres Geistes wohl zu unterscheiden haben den einfachen Leitungsvorgang im Nerven von jenem, der diesen erst zur wirklichen Empfindung macht, den inneren Vorgang unseres Willens von seiner Uebertragung durch die Nerven auf unsern Bewegungsapparat; sei es nun, daß jener aus freien Stücken, d. h. ohne äußere Anregung, oder erst durch eine vorhergegangene Sinneswahrnehmung dazu veranlaßt, in Thätigkeit tritt; die Nerven vermitteln eben nur beide, Empfinden und Wollen. Die Frage, die wir uns nun stellen, ist die: läßt sich die von uns vorausgesetzte zeitliche Folge der Empfindungs-Erregung und der Empfindung selbst, der Willens-Erregung und Willens-Aeußerung bestimmt nachweisen? läßt sich zeigen, daß auch die Anregung zum Wollen durch eine uns bewußte Empfindung einen meßbaren zeitlichen Verlauf nimmt? Ist dieses möglich, so gewinnen wir damit das Ausmaß eines allerdings nur einfachen Gedankenganges. Ich fühle, so lautet dieser, daß an dieser oder jener Stelle mein Körper durch einen so oder so gearteten Gegenstand erregt wird; ich will als Zeichen, daß ich diese Erregung und an diesem bestimmten Theile meines Körpers fühle, verabredetermaßen eine Bewegung ausführen.

Gelingt es uns nun, die Zeit für diesen Gedankengang

und für jeden einzelnen ihn zusammensetzenden Vorgang zu bestimmen?

Es scheint fast auf den ersten Blick, als ob die Beantwortung dieser Frage unmöglich, sie aber jedenfalls nicht in der erwarteten Weise ausfallen könne. Die Berührung meiner Haut und das Bewußtwerden derselben, Wollen und Handeln fallen scheinbar so vollständig genau zusammen, daß eine Messung der Zeit zwischen Anfang und Ende beider unmöglich wird, und doch wird schon der Gedankengang einiger Physiologen des vorigen Jahrhunderts Sie lehren, daß so ganz unmeßbar jene Vorgänge nicht sind, es sich vielmehr nur darum handelt, die richtige Methode zu finden, um sie zu messen. Da, wo es sich um die Messung sehr großer Geschwindigkeiten handelt, thut man gut, möglichst große Wegstrecken in Betrachtung zu ziehen, oder, wo dies nicht angeht, eine Reihe schnell folgender Bewegungen zeitlich zu bestimmen, und daraus das Maß für jede einzelne zu erschließen. Um z. B. die Zeitdauer, welche jeder Hammerschlag in einem Eisenhammer braucht, kennen zu lernen, bestimme ich die Zahl der Schläge in einer Minute, und weiß dann, wenn dieselbe beispielsweise 60 beträgt, daß jeder einzelne Schlag eine Sekunde dauert. Ganz ähnlich verfuhr bereits ein Physiolog des vorigen Jahrhunderts, Boissier[3]), um die Frage nach der Schnelligkeit unserer Muskelbewegungen zu beantworten. Er sagte: um zu sehen, wie viel Zeit ich brauche, um willkürlich ein Glied zu bewegen, sehe ich, wie oft ich es in einer Sekunde zu bewegen vermag, dann ergiebt sich die Zeit für jede einzelne Bewegung. Er sah, daß er seinen Vorderarm 8mal in einer Sekunde bis zu einer bestimmten Höhe heben könne, und fand demnach, da zwischen je 2 Hebungen wohl eine eben so lange Senkung kam, daß jede der ersteren etwa $\frac{1}{16}$ Sekunde dauerte.

Ein anderer Physiologe — Uffenbach — berechnete aus

der Geschwindigkeit eines englischen Renners, daß jede während des Laufs nothwendige Muskelbewegung $\frac{1}{10}$ Sekunde erfordere.

In ähnlicher Weise berechnete Haller aus der Schnelligkeit, mit welcher Läufer bestimmte Wegstrecken zurücklegen, die Zeit, welche auf die Thätigkeit der hierbei in Anspruch genommenen Muskeln kommt. Er findet, daß bei zwei von ihm besonders berücksichtigten Läufern nur $\frac{1}{250}$ Sekunde auf jede Muskelthätigkeit kommt. In anderer Weise suchte er festzustellen, wie viel Buchstaben er innerhalb einer Sekunde laut lesen konnte. Da nun zur Bildung eines derselben wenigstens eine Bewegung und bis zur Bildung des nächsten ein Ruhezustand nothwendig ist, so kämen hienach, da, wie er fand, 1500 Buchstaben von ihm bequem in einer Minute gelesen wurden, auf jeden Buchstaben etwa $\frac{1}{50}$ Sekunde.

Wenn wir uns jedoch diese Angaben etwas genauer besehen, so finden wir, daß sie uns wohl den Beweis geben, daß jede unserer willkürlichen Bewegungen für sich eine gewisse meßbare Zeit beanspruche, daß sie uns aber noch nichts darüber sagen, wie viel von dieser Zeit dazu verwendet werde, daß unser Geist seinen Willen jenen Bewegungs-Apparaten kundgiebt. Wir messen hier, und noch dazu unter nicht ganz stichhaltigen Voraussetzungen, Willenserregung und Willensäußerung zusammen. Bedenken wir ferner, daß in jenen Betrachtungen Haller's die Längen der Nervenbahnen, deren sich unser Wille bedient, noch völlig unberücksichtigt blieben, diese aber, je nachdem wir unsere Beine, Arme oder Mundmuskeln in Thätigkeit setzen, sehr verschieden sind; bedenken wir, daß der Lesende, ehe er die Buchstaben ausspricht, sie sehen muß, und es ja noch völlig unentschieden ist, ob das Sehen an sich nicht eine Zeit in Anspruch nimmt, so ergiebt sich daraus.

daß die bisherigen Versuche wenig geeignet waren, uns eine Antwort auf jene Frage nach der Schnelligkeit, mit welcher unser Wille sich zu äußern vermag, zu geben. Allerdings ließe sich jener Haller'sche Versuch ein wenig verbessern, und so wenigstens einer jener ihm gemachten Einwürfe umgehen.

Ein Jeder weiß aus Erfahrung, daß man weniger Zeit dazu braucht für sich, ohne jedes Wort auszusprechen, ein Buch zu durchfliegen, als wenn man es laut liest. Das erklärt sich nun zum Theil daraus, daß wir bei lautlosem Lesen auch sehr viel ungenauer verfahren, wir mehr als ein Wort kaum beachten, sondern nur aus dem Zusammenhange errathen. Aber auch, wenn man mit der größten Genauigkeit, wie der Korrektor den Korrekturbogen liest, also jedes Wort auf seine Bedeutung und seine Rechtschreibung beachtet, kann man bei einiger Uebung schneller lautlos, als laut lesen. Ich habe versuchsweise eine leicht verständliche, aber bis dahin von mir noch nicht gekannte Abhandlung, die mir weder nach Inhalt noch nach der Satzbildung die geringste Schwierigkeit bot, abwechselnd Seite um Seite laut und leise gelesen und genau die Sekundenzahl notirt, welche auf jede Seite kam. Durchschnittlich zählte jede Seite 1350 Buchstaben, wobei übrigens alle Doppel-Consonanten und Vokale einfach gerechnet wurden.

Ich brauchte zum lauten Lesen durchschnittlich 5 Sekunden mehr für jede Seite, also für jeden Buchstaben $\frac{1}{270}$ Sekunde. Die Zeit aber, um welche ich laut länger an einer Seite lese, geht allein darauf hin, daß ich durch das Ansehen der Worte angeregt meinen Sprachmechanismus in Bewegung setze. Ansehen mußte ich die Buchstaben bei lautlosem wie bei lautem Lesen. Ich erhalte in den 5 Sekunden also nur die Zeit, welche allein für diese mechanische Leistung des Lautlesens zu berechnen wäre. Haller hatte nach seiner Art zu rechnen $\frac{1}{50}$

Sekunde für jeden Buchstaben beansprucht, die soeben gegebene Berechnung fordert nur $\frac{1}{270}$ Sekunde.

Allein auch diese Berechnung ist noch völlig unbrauchbar, weil, wie man mir mit Recht einwenden kann, zum Gehen, Laufen, Sprechen allerdings Zeit erfordert wird, damit aber noch nicht erwiesen ist, daß auch unser Wille der Zeit unterworfen ist.

Nachdem seit Haller's Zeiten sich die Physiologen wenig fernerhin um die uns vorliegenden Fragen kümmerten, wurden sie in den 30er Jahren unseres Jahrhunderts durch Nicolai, den Direktor der Sternwarte zu Mannheim, auf der Naturforscherversammlung zu Heidelberg von Neuem angeregt[4]). Er, wie bereits vor ihm Bessel, fanden nämlich, daß gewisse astronomische Bestimmungen bei verschiedenen, sonst durchaus zuverlässigen Beobachtern, sehr verschieden ausfielen, wenn sie die gleichzeitige Thätigkeit von Auge und Ohr beanspruchten. Man huldigt jetzt allgemein der Ansicht, welche zuerst von Bessel[5]) ausgesprochen wurde, daß diese Verschiedenheit darin ihren Grund finde, daß man streng genommen nie gleichzeitig zwei verschiedene sinnliche Wahrnehmungen machen könne.

Nicolai gab jedoch eine wesentlich andere Erklärung, sie habe, sagte er, ihren Grund in der verschiedenen Schnelligkeit, mit welcher Gesichts- und Gehörs-Eindrücke uns zum Bewußtsein kommen, es folge daraus, daß die Wechselwirkung zwischen Sinnesorganen und Bewußtsein nicht völlig momentan sei. Denn wenn von zwei Dingen eins schneller als das andere erfolgt, so muß doch eins wenigstens meßbar sein. Ich gedenke im Verlauf meiner Mittheilungen zu zeigen, daß unbeschadet der Richtigkeit jener Behauptung Bessel's, daß man nicht gleichzeitig hören und sehen könne, doch manches für Nicolai's Deutung spreche.

Allein trotz der Anregung, welche die Frage nach der Schnelligkeit in unsern Nervenbahnen von Seiten der Astronomen erhielt, blieb sie doch lange unerledigt; ja selbst noch im Anfang der 40er Jahre konnte der große Berliner Physiolog Johannes Müller sagen: „Wir werden wohl auch nie die Mittel gewinnen, die Geschwindigkeit der Nervenwirkung zu ermitteln, da uns die Vergleichung ungeheurer Entfernungen fehlt, aus der die Schnelligkeit einer dem Nerven in dieser Hinsicht analogen Wirkung des Lichtes berechnet werden kann." Und doch sollte wenige Jahre darauf eine Schüler Müller's, Helmholtz, diese Frage, eine der delikatesten, aber auch wichtigsten der ganzen Physiologie, mit der ihm eigenen Genialität und Genauigkeit lösen, und uns zeigen, daß das Bewußtwerden einer Empfindung, die Uebertragung unseres Willens auf den Bewegungs-Apparat unseres Körpers in durchaus meßbarer Zeit, und mit einer Geschwindigkeit erfolge, die sogar noch weit hinter der bekannten Schnelligkeit des Lichtes, der Elektricität, des Schalles zurückbleibt, der mancher unserer künstlichen Maschinen nur gerade gleichkommt.

Ich will es versuchen, im Kurzen die Methoden zu schildern, deren er sich zu diesen so überaus feinen Messungen bediente. Man mißt die Geschwindigkeit irgend einer Bewegung bekanntlich durch die Zeit, die sie vom Anfange bis zum Ende erfordert, diese aber wieder durch eine Uhr. Und da sei es mir gestattet, zunächst bei der Betrachtung einer einfachen Sekundenuhr zu beginnen: bei ihr legt der Zeiger, wie bekannt, seinen ganzen kreisförmigen Weg innerhalb einer Minute zurück, der Kreis ist in 60 gleiche Theile getheilt, so daß die Entfernung je zweier seiner Theilstriche einer Sekunde entspricht. Bei noch feineren Vorrichtungen ist das Räderwerk und die Eintheilung des Zifferblattes auch wohl so, daß jedes der auf demselben verzeichneten Weg-intervalle kleinere Zeiten, ja wohl

selbst nur $\frac{1}{10}$ Sekunde anzeigt. Man hat Uhren der Art eingerichtet, welche, da es in vielen Fällen gar nicht darauf ankommt, zu welcher Tageszeit ein gewisser Vorgang beobachtet wird, sondern nur die Zahl der Sekunden zu kennen, innerhalb welcher er erfolgt, die nur einen Minuten- und einen Sekundenzeiger haben. Man nennt sie auch wohl danach Sekundenzähler, und versieht sie mit einer Vorrichtung, um sie willkürlich mit einem Fingerdruck zum Stehen, durch einen andern in entgegengesetzter Richtung wieder zum Gehen zu bringen. Will ich also z. B. die Sekundenzahl wissen, die auf eine bestimmte Bewegung kommt, so bringe ich die Zeiger meines Sekundenzählers erst in dem Augenblick in Gang, in welchem jene beginnt, und halte sie an, wenn sie beendet ist. Der Weg aber, den der Zeiger in dieser Zeit zurücklegte, die Zahl der Theilstriche giebt mir die Zahl der ganzen oder zehntel Sekunden. Zunächst also halten wir fest, bestimmen wir stets die Zeit durch einen zurückgelegten Weg, eine Geschwindigkeit durch eine andere uns bekannte, und verfahren hier also ganz wie bei allen andern Maßen; so bestimmen wir die Länge einer Linie dadurch, daß wir sie mit einer andern von bekannter Ausdehnung vergleichen; die Schwere eines Körpers durch die eines andern uns bereits bekannten. Auf den ersten Blick erscheint nun diese Art die Zeit zu messen gar genau und bequem, sie ist's jedoch nicht in allen solchen Fällen, in welchen es sich um sehr kurze Zeiten und um sehr große Geschwindigkeiten handelt. Muthmaßen wir ja doch schon, daß auch für die Wahrnehmung des Anfangs wie des Endes der Erscheinung für die Ausführung jener unserer Bewegung, welche den Gang des Uhrwerks auslöst und anhält, eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit erfordert wird. Beide würden wir also bei jener Zeitbestimmung durch den Sekundenzähler mit in Rechnung bekommen. Jene Erfahrungen Bessel's

aber an sich und Andern deuteten bereits darauf hin, daß ein solcher Fehler für manche wissenschaftliche Beobachtung ein sehr wesentlicher sein kann. Völlig unbrauchbar wird aber diese Methode, wenn Anfang und Ende des Vorgangs so dicht einander folgen, daß wir sie trotz der angestrengtesten Aufmerksamkeit mit keinem unserer Sinne mehr von einander sondern können. Das findet nun bei den Beobachtungen, von denen wir hier handeln wollen, vollständig statt. Unser Auge vermag Anfang und Ende einer Bewegung nur noch gesondert wahrzunehmen, die höchstens $\frac{1}{10}$ Sekunde von einander entfernt sind. So unterscheiden wir wohl noch zwei elektrische Funken, welche in einem Zwischenraum von $\frac{1}{10}$ Sekunde einander folgen, von einander. Wird die Zeit zwischen beiden aber noch kleiner, so scheinen sie uns in einander zu fließen, wir sehen nur einen. Nicht anders verhält es sich mit unserem Unterscheidungsvermögen durch das Ohr wie durch das Hautgefühl. Die Unvollkommenheit dieser Zeitbestimmung beruht also nicht sowohl in der Unvollkommenheit jener Uhr — der ließe sich abhelfen, man hat Räderwerke construirt, deren einzelne damit in Verbindung gebrachte Zeiger $\frac{1}{100}$ ja $\frac{1}{1000}$ angaben — sie liegt vielmehr in der Beschränkung unserer eigenen Sinne, die es uns unmöglich macht, an einem Vorgange Anfang und Ende von einander getrennt wahrzunehmen. Handelt es sich nun gleichwohl um die Wahrnehmung noch kleinerer Zeitunterschiede, so verfahren wir ähnlich, wie bei der Ausmessung der Länge eines Gegenstandes. Wir vermögen auch hier nur so weit zu gehen, als unsere Sinne reichen, und leicht erscheinen unserm Auge zwei Linien bereits gleich lang, die es wirklich nicht sind, wir sehen es eben nur nicht mehr. In solchen Fällen verstärken wir die Kraft unseres Auges durch Vergrößerungsgläser und sind dann noch im Stande, Maßunterschiede wahrzunehmen und genau zu bestimmen, die

uns ohne diese Hülfe entgingen. Fast unglaublich erscheint es, daß wir so noch $\frac{1}{1000}$ einer Linie genau zu messen im Stande sind. Die Zeit können wir leider nicht so vergrößern, wohl aber stehen uns Mittel zu Gebote, die in ihrer Art dasselbe leisten, wie das Mikroskop dem Auge. Ja, ich glaube nicht zu viel zu sagen, daß die Feinheit der Zeiteintheilung jene der Raumeintheilung heutzutage weit überflügelt hat.

Von den sehr geistreich ausgedachten Methoden sind es zunächst zwei, welche durch Helmholtz ihre Verwendung zur Verfolgung unseres Zweckes gefunden haben. Beide stimmen darin überein, daß sie die Bestimmung des Anfangs und des Endes einer Bewegung von unserer eigenen sinnlichen Wahrnehmung unabhängig zu machen suchen. Die erste derselben, auf ein wesentlich anderes Prinzip als alle unsere bisherigen Zeitmesser fußend, verdanken wir dem französischen Physiker Pouillet. Derselbe benutzte die Magnetnadel als Uhr. Es ist bekannt, daß dieselbe an einem Faden hängend, sich stets mit einer Spitze nach Norden stellt, daß sie aber auch augenblicklich in Unruhe geräth, wenn man sich ihr mit einem andern Magneten, oder mit einem Stahlstabe nähert. Legt man letztern neben die hängende Nadel, so stellt diese sich auf einen andern Punkt nicht mehr nach Norden ein, kehrt aber zu ihrer anfänglichen Stellung zurück, sobald man jenen entfernt. Kupferne Gegenstände üben keinen derartigen Einfluß auf die Stellung der Nadel; selbst wenn man dieselbe mit einem vollständigen kupfernen Kreis umgiebt, verbleibt sie in ihrer Stellung nach Norden. Schickt man aber durch diesen kupfernen Kreis auch nur für einen Augenblick einen galvanischen Strom, so tritt die sehr wunderbare Thatsache ein, daß, jedoch nur während der Dauer des Stromes, die Magnetnadel in Bewegung geräth. Die Physik lehrt uns aus der Zahl und der Größe der Schwingungen einer auf diese Weise beunruhig-

ten Nadel die Zeit zu berechnen, während welcher jener Strom die Nadel umkreiste, und gelingt es, Schließung und Oeffnung desselben genau mit Anfang und Ende einer Bewegung zusammenfallen zu machen, so gewinnen wir daraus ein ungemein feines Maß für die Zeit der letzteren. Ich darf es nicht unternehmen, genauer auf die Verwendung dieser Methode für unsern Zweck einzugehen, da es schwer sein dürfte, sie ohne die erforderlichen Apparate verständlich zu machen. Nur das will ich erwähnen, daß man sie zuerst verwendet hat, um die Geschwindigkeit der Geschosse unserer Feuerwaffen zu bestimmen, ja daß sie es ermöglicht, die Zeit zu berechnen, welche eine Kugel braucht, um den kurzen Weg des Flintenlaufs zurückzulegen, daß endlich Helmholtz sie verwerthete, um die Schnelligkeit zu bestimmen, mit welcher ein Reiz die Nerven eines Frosches durchsetzt.

Die zweite von Helmholtz benutzte Methode fußt wieder auf das alte Prinzip, Zeiten durch Wegstrecken zu messen, sie sucht nur letztere um ein Bedeutendes zu vergrößern, indem sie dem hiezu dienenden Uhrwerk eine wohl bestimmbare, aber sehr große Geschwindigkeit ertheilte, d. h. sie mißt eine Geschwindigkeit durch eine andere uns bekannte.

Denkt man sich einen Cylinder von Metall, welcher durch ein Uhrwerk um seine Axe gedreht wird, so wird es von der Schnelligkeit desselben abhängen, wie oft ein Punkt auf der Oberfläche desselben bei unserem Blicke vorbeieilt, vorausgesetzt, daß wir dem Auge dauernd eine ganz bestimmte Richtung zu dem Cylinder geben. Wäre z. B. der Umfang des Cylinders 20 Zoll, und drehte er sich in einer Sekunde einmal um seine Axe, so kommt der Punkt einmal in der Sekunde bei mir vorbei, oder derselbe, ein Kügelchen Wachs etwa, das ich auf demselben fixirte, legt innerhalb einer Sekunde einen Weg von 20 Zoll, in $\frac{1}{2}$ Sekunde 10 Zoll, in $\frac{1}{10}$ Sekunde

2 Zoll zurück; nun können wir aber den Zoll ohne alle Schwierigkeiten in 10 Linien, diese selbst mit unbewaffnetem Auge noch in Zehntel theilen, und es würde, wenn wir die Rechnung ausführen, $\frac{1}{10}$ Linie gleichbedeutend sein mit ungefähr $\frac{1}{2000}$ Sekunde. Ich will die Rechnung hier nicht weiter ausführen, wie sie ausfallen würde, wenn wir mit Hülfe des Mikroskops eine noch weitere Theilung der Wegstrecken vornähmen, oder wenn wir dem Cylinder eine noch größere Geschwindigkeit ertheilen wollten, man sieht schon aus der kurzen Berechnung, bis zu welcher Feinheit der Zeiteintheilung wir auf diesem Wege selbst ohne alle Vergrößerung vorschreiten. Wir bestimmen durch sie mit Leichtigkeit $\frac{1}{2000}$ Sekunde.

Es läßt sich die ganze Vorrichtung gar wohl mit einer gewöhnlichen Uhr vergleichen, bei der jedoch nicht der Zeiger, sondern das Zifferblatt durch das Werk gedreht wird. Dem Zifferblatte entspricht der Umfang des Cylinders, theilen wir ihn durch Striche in Zolle, diese in Linien, sie wieder in $\frac{1}{10}$ Linien, so wären also im Ganzen 2000 Striche gezogen, und die Entfernung je zweier von einander bedeutet hier nicht wie bei der Sekundenuhr Sekunden, sondern $\frac{1}{2000}$ Sekunde. Um den Vergleich vollständig zu machen, sei seitlich von dem Cylinder ein Stab befestigt, der auf denselben zeigt, ohne ihn zu berühren. Wären nun neben dem Striche die fortlaufenden Zahlen von 1—2000 geschrieben, so beobachtet man, welche der Zahlen bei der Spitze jenes Stabes vorbeigeht, während der Cylinder sich nicht gar zu schnell dreht, so daß man noch jeder einzelnen Zahl genau folgen kann. Schließe ich nun, während das Uhrwerk bereits im Gange ist, mein Auge; öffne es plötzlich und schließe es eben so schnell wieder, merke mir aber, welche Zahlen gerade während dieses momentanen Offenseins meines Auges vor dem Zeiger vorbeirollten, so weiß ich, wie viel Zeit ich zur einmaligen Oeffnung und Schließung des

Auges brauche, d. h. wie groß ein Augenblick ist, denn jede Zahl bedeutet $\frac{1}{2000}$ Sekunde. Ich habe eine Reihe solcher Versuche angestellt, die allerdings noch nicht die Ansprüche vollkommener Genauigkeit machen, und gefunden, daß ich für einen Augenblick $\frac{1}{5}$ Sekunde brauche, d. h. also 5 Augenblicke sind 1 Sekunde.

Folgender Versuch wird die Anwendung vielleicht noch anschaulicher machen. Wir haben den Cylinder mit Papier bezogen und berühren ihn, während er durch das Uhrwerk gezogen wird, mit einem Bleistift so schnell, und nur so kurze Zeit, als ob wir nur einen Punkt machen wollten; so finden wir später, vorausgesetzt, daß die Bewegung schnell genug erfolgte, daß wir nicht einen Punkt, sondern einen Strich gezogen haben. Messen wir uns aber die Länge des letzteren ab, so gewinnen wir damit ein Maß, zunächst für die Zeit, während welcher die Spitze des Stiftes das Papier berührte, d. h. aber nichts anderes als für die Zeit, welche zur Ausführung eines Punktes erfordert wurde. Bei derartigen Versuchen kommt es natürlich darauf an, daß der Zeichenstift stets aus derselben und möglichst geringen Entfernung sich dem Cylinder näherte, und ich selbst fand, daß ich bei der größten Uebung, der angestrengtesten Aufmerksamkeit, welche ich darauf verwendete, stets einen Strich statt eines Punktes zog, und daß jener nach der Umlaufsgeschwindigkeit meines Cylinders den Werth von durchschnittlich $\frac{1}{10}$ Sekunde hatte, d. h. also, ich brauchte wenigstens $\frac{1}{10}$ Sekunde, um den Stift zu nähern und wieder abzuziehen. Denkt man sich nun ferner, derselbe Stoß, welcher eine beliebige zu messende Bewegung hervorruft, nähere auch genau gleichzeitig mit dem Beginn der letzteren dem sich drehenden Cylinder einen Zeichenstift, und entferne ihn eben so genau wieder bei ihrer Beendigung, so wird die Länge des so gezeichneten Strichs von der

Zeit abhängen, während welcher jene Kraft thätig war, und wir wären im Stande diese Zeit aus der Strichlänge zu messen.

In überaus geistreicher Art hat nun Helmholtz eine Vorrichtung ersonnen, die für den Bewegungsnerven eines Froschmuskels alles das leistet. Ein elektrischer Schlag erregt den Nerven und der hierauf zuckende Muskel zeichnet den Anfang und das Ende seiner Thätigkeit selbst mit Hülfe eines Stiftes auf einen sich drehenden Cylinder. Läßt man nun zwei solcher Zeichnungen von demselben Muskel fertigen, sorgt aber dafür, daß der elektrische Reiz das eine Mal in möglichst weiter Entfernung von ihm in den Nerven eintritt, er letzteren Falles also eine durchaus meßbare längere Strecke des Nerven zurücklegen muß, bevor er den Muskel trifft, so zeigt sich, daß der Anfang der Thätigkeit um ein Bestimmtes später erfolgt, als wenn nur ein kurzes Nervenstück zwischen Reiz und Muskel lag. Die Wegstrecke aber auf dem Cylinder, um welche die zweite Zeichnung verzögert erschien, giebt uns das Maß für die Zeit, welche verfloß, während der Reiz das längere Nervenstück zurücklegte.

Durch beide Methoden kam Helmholtz ziemlich zu denselben Resultaten, und zwar, daß die Thätigkeit im Nerven eine Sekunde etwa braucht, um 90 Fuß zurückzulegen. Nachdem so nun einmal wenigstens für den Froschnerven festgestellt war, daß die Fortleitung im Nerven mit bestimmbarer Geschwindigkeit erfolge, lag es nahe, auch den menschlichen Nerven hierauf zu prüfen. Die hiezu eingeschlagene Methode ist im Wesentlichen dieselbe geblieben; auch hier hat man Anfang und Ende einer Muskelbewegung auf einem sich drehenden Cylinder aufzeichnen lassen und das Raummaß alsdann zur Zeitmessung verwendet. So hat Helmholtz die Muskeln seines Daumballens, ihre Verkürzungen aufzeichnen lassen, während sie nicht durch seinen Willen, sondern durch einen elektrischen Schlag

erregt wurden, und gefunden, daß, wenn man einmal diesen Schlag dicht über der Hand, das anderemal an einer Stelle des Oberarms eintreten läßt, an welcher der Bewegungsnerv für die Handmuskeln ziemlich dicht unter der Haut liegt, im letzten Falle eine, aus jener Aufzeichnung erkennbare, auch genau meßbare Verzögerung der Muskelverkürzung statt habe, und zwar, daß diese Verzögerung wiederum einer Geschwindigkeit von annähernd 90 Fuß in einer Sekunde entspreche.

Wenn es sich nun aber mit der Meßbarkeit des Vorganges im Muskelnerven auch wirklich so verhält, eine bestimmbare Zeit verfließt, bis der Muskel vom Nerven aus elektrisch erregt wird; findet das aber auch Alles seine Anwendung, wenn ich meine Muskeln nicht durch einen elektrischen Schlag, sondern durch meinen Willen in Thätigkeit setze? und weiter gilt das, was für den Bewegungsnerven erwiesen ist, auch für unsere Empfindungsnerven? Um letzteres zu erfahren, suchte Helmholtz zunächst mit Hülfe jener ersten, kurz angedeuteten Methode die Zeit zu bestimmen, welche verfließt von dem Augenblick an, in welchem ein elektrischer Schlag die Haut seines Fingers traf, bis zu dem, in welchem er durch die Bewegung des Fingers zu verstehen gab, er habe jenen Schlag gefühlt; d. h. also, die Zeit zwischen Beginn des Empfindungsreizes bis zum Zustandekommen irgend einer vorher verabredeten Willensäußerung. Streng genommen messen wir hier drei hintereinander gelegene Vorgänge, Reizung, Empfindung und Willen, von denen wir jedoch nicht wissen, ob einer eben so viel Zeit für sich in Anspruch nimmt als der andere. Und wären wir selbst im Stande, die ganze Länge dieses Weges vom Finger zum Gehirn, von da zurück zur Hand mit größter Genauigkeit auszumessen, so würde uns das nichts helfen, denn wir wissen nicht, wie sich die ganze Zeit auf die einzelnen Wegstrecken vertheilt, ob vor allem die

Bewegung im Nerven und im Gehirn mit vollkommen gleicher Schnelligkeit erfolge. Um dennoch dieses Verfahren benutzen zu können, verfahren wir in folgender Weise. Wir reizen einmal die Haut über einem Finger, das andere Mal am Oberarm, beantworten aber das Bewußtwerden beider Empfindungen jedesmal durch ein und dieselbe Handbewegung; wir messen also einmal die Zeit für den Weg von Hand zu Gehirn zurück zur Hand, das nächste Mal für die kürzere Strecke von Schulter zu Hirn zur Hand, und die Beobachtung lehrt, daß wirklich die Zeit für jenen zweiten Weg erheblich kürzer ausfällt. Verkürzt aber war nur der Weg im Empfindungsnerven, jener durch das Gehirn zu den Bewegungsnerven blieb in beiden Versuchen der gleiche. Die Verzögerung des Vorganges konnte also nur durch die längere Strecke des empfindenden Nerven bedingt sein. Messen wir nun die Entfernung jener beiden Hautstellen (Finger und Schulter), so erhalten wir dadurch die Länge der Wegstrecke, welche in jener Zeit zurückgelegt wurde, um die die erste Beobachtung länger ausfiel, als die zweite.

Helmholtz selbst kam durch diesen Versuch zu einem sehr viel höheren Werth, als bei den Bewegungsnerven des Frosches. Er wollte nämlich gefunden haben, daß die Geschwindigkeit in seinen Empfindungsnerven wohl doppelt so groß sei, als in den letzteren. Bedenkt man die Trägheit der Bewegungen und Empfindungen der Frösche, so schien dieses Resultat durchaus nichts Auffallendes zu haben, war es doch denkbar, daß wirklich ein derartiger Unterschied zwischen den kaltblütigen Thieren und den Menschen bestehe, um so mehr, als sich fand, daß man jene trägere Fortleitung im Froschnerven noch weiter verzögern könne, wenn man diesen durch Eis abkühlte. Spätere Beobachter haben jedoch diesen Unterschied nicht bestätigt, und Helmholtz selbst hat seine älteren Angaben nicht aufrecht erhal-

ten, so daß jetzt wohl allgemein die Ansicht gilt, daß die Vorgänge im Empfindungsnerven mit derselben Geschwindigkeit, nämlich 90 Fuß in einer Sekunde, erfolgen, wie in den Bewegungsnerven, ja daß selbst in dieser Hinsicht kein Unterschied bei den verschiedenen Thierklassen bestehe. —

Die Wallfische erreichen wohl die Länge von 80 Fuß und mehr, wir können daher annehmen, daß sie eine Verwundung der äußersten Spitze ihrer Schwanzflosse erst nach einer Sekunde empfinden, eine weitere Sekunde aber vergehen würde, bevor sie eine abwehrende Bewegung auszuführen im Stande sind.

Nachdem nun einmal der Weg vorgezeichnet war, ist die Frage über die zeitlichen Verhältnisse in unsern Nerven von den verschiedensten Beobachtern in Angriff genommen; man hat sich hierzu theils ähnlicher, in mancher Beziehung wohl vollkommener, theils ganz neuer Hülfsmittel bedient. So benutzte der Neufchateller Astronom Hirsch ein von den Astronomen auch zu anderen Zwecken verwendetes Uhrwerk des Mechanikers Hipp. Das Räderwerk dieser Uhr ist mit einem Elektromagneten so in Verbindung gebracht, daß bei Schließung des den letztern umkreisenden Stromes die Zeiger stillstehen, und erst wieder in Gang kommen, wenn jener geschlossen wird. Die Begrenzung von Anfang und Ende des zu messenden Vorganges erfolgt nun dadurch, daß derselbe Handgriff eines Gehülfen dem Beobachter einen elektrischen Schlag ertheilt, und das Uhrwerk in Gang bringt, während letzterer sich bemüht, sobald er den Schlag fühlt, die Zeiger wieder anzuhalten; diese gehen aber nur so lange, bis der Beobachter auf Grund seiner Empfindung eine Bewegung macht. Das Räderwerk ist aber so eingerichtet, daß einer der Zeiger Sekunden, ein anderer $\frac{1}{100}$, ein dritter sogar $\frac{1}{1000}$ Sekunden angiebt.

Was nun ferner wohl zu erwarten stand, hat sich übrigens in den sehr zahlreichen Versuchen, die seitdem gemacht worden,

herausgestellt, daß nämlich nicht nur zwischen verschiedenen Beobachtern, sondern selbst bei ein und demselben in verschiedenen Zeiten Empfindung und Willensäußerung mit sehr verschiedener Geschwindigkeit erfolgen. Die, beide vermittelnden Nerven sind eben Organe, die unter dem Einfluß der Ernährung wie aller übrigen Lebensvorgänge stehen, welche daher mannichfaltig in ihrer Zusammensetzung wechseln, und demnächst bald mehr, bald weniger lebhaft sich in ihrer Thätigkeit äußern. Es hat sich ferner herausgestellt, daß es für den Vorgang der Leitung zu unserm Bewußtsein, von diesem durch unsern Willen zur Bewegung, nicht gleichgiltig ist, wie stark der Eindruck war, der unsere empfindende Oberfläche traf. Der stärkere Reiz ruft eine lebhaftere Empfindung, eine energischere, schnellere Ueberleitung zu unsern Willensorganen hervor, und somit fällt denn das Zeitintervall zwischen Empfindung und willkührlicher Bewegung kürzer aus bei starken, als bei schwachen Sinneseindrücken.

Stellen wir nun mit Hülfe der so gefundenen Thatsache eine kurze Berechnung an dem menschlichen Körper an. Die Geschwindigkeit, mit der wir uns einer Empfindung bewußt werden, ist, so sahen wir, gleich groß mit jener, welche unser Wille braucht, um den Bewegungs-Apparat unseres Körpers in Thätigkeit zu setzen. Ich selbst finde, daß bei mir zwischen einer Empfindung im Fuße und einer Antwort, die ich genau im Augenblick des Bewußtwerdens derselben durch eine vorher verabredete Bewegung gebe, annähernd $\frac{2}{10}$ Sekunden verfließen. Die Entfernung meiner Hand bis zum Gehirn beträgt ungefähr 3 Fuß; um diese Entfernung zurückzulegen, d. h. um die Hand in Bewegung zu setzen, braucht mein Wille $\frac{1}{10}$ Sekunde. Der Abstand meines Fußes vom Gehirn ist annähernd 5 Fuß, damit ein dem Fuße mitgetheilter Schlag mir zum Bewußtsein kommt, werden ungefähr dop-

pelt so viel, d. h. $\frac{2}{30}$ Sekunden erfordert. Beide Vorgänge in den Empfindungs- und Bewegungsnerven beanspruchen also zusammen für sich $\frac{1}{10}$ Sekunde, d. h. die Hälfte der ganzen Zeit; die andere übrigbleibende Hälfte geht allein auf jenen Vorgang im Gehirn, in welchem die bewußte Empfindung zur Willensäußerung wird. Und da haben wir denn allerdings ein Mittel gefunden, um die Schnelligkeit zu messen, mit der unsere Seele, wenn auch zunächst nur in dieser einfachsten Form arbeitet. Die Aufgabe, welche wir ihr in diesem Falle gestellt hatten, war eine ungemein einfache; sie wußte voraus, an einer bestimmten Stelle soll der Körper erregt werden, durch eine ganz bestimmte, vorher verabredete Bewegung soll sie es an den Tag legen, daß sie sich dieser Berührung bewußt wird. Es ist unzweifelhaft, daß, wenn alles dieses nicht vorher bestimmt wäre, wenn sie weder den Ort noch die Art einer sinnlichen Wahrnehmung vorher wüßte, dieser erst eine Vorstellung über die Natur des Erregers folgen müßte; wenn ihr nicht vorher bestimmt wäre, durch welche der vielen möglichen Körperbewegungen sie ein Zeichen abgeben solle, daß sie sich der Empfindung bewußt worden, dann natürlich müßte die Zeit für die Vorgänge vom Bewußtsein zum Willen noch viel länger ausfallen. Einige etwas zusammengesetztere Fälle haben holländische Beobachter auch wirklich in den Kreis ihrer Versuche gezogen. Es wurde verabredet, daß für eine Empfindung links eine linksseitige, und umgekehrt für eine Empfindung rechts eine rechtsseitige Bewegung gemacht werden solle. Der, an welchem in dieser Art beobachtet wurde, wußte nicht voraus, welche der Empfindungen links oder rechts ihn jedesmal treffen würde, er mußte also folgenden Gedankengang durchmachen: Jetzt fühle ich links, also bewege ich verabredetermaßen links, und umgekehrt.

Die Verzögerung, welche die Willensäußerung durch die

Einschaltung dieses so einfachen Gedankenganges erfuhr, betrug annähernd $\frac{6}{100}$ Sekunden. Sie fiel aber mehr als doppelt so groß aus, wenn der Beobachter nicht nur nach dem Ort der jedesmaligen Erregung, sondern nach der Art derselben die Bewegung wählen, er also zunächst über die Natur des Reizes ein Urtheil gewinnen sollte, bevor er die eine oder andere Hand bewegte. Sollte er z. B. durch die eine oder andere zu verstehen geben, ob das plötzlich aufflackernde Licht roth oder gelb gefärbt sei, so trat die Bewegung wohl $\frac{15}{100}$ Sekunden später ein, als wenn er ohne Rücksicht auf den Farbenunterschied nur das Sichtbarwerden eines Funkens andeutete. Erhielt der eine Beobachter die Aufgabe: die ihm zugerufenen einsilbigen Worte so schnell wie irgend möglich zu wiederholen, so war wiederum die Zeit zwischen Ruf und Wiederholung wohl um $\frac{8}{100}$ Sekunden länger, wenn er nicht vorher wußte, was ihm zugerufen werden würde. Nehmen wir aber den geringsten so gefundenen Werth als die äußerste Grenze an $\frac{6}{100}$ Sekunden, so erhalten wir dadurch das Zeitmaß für das Zustandekommen einer einfachen Vorstellung über die Art wie über den Ort einer Empfindung.

Ich habe bereits früher gesagt, daß in den Vorgängen im Nerven nicht nur individuelle Verschiedenheiten, sondern auch bei ein und derselben Person in verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Schnelligkeiten beobachtet wurden. Es ist daher wohl gewiß anzunehmen, daß auch die Vorgänge im Gehirn zwischen Bewußtsein und Wollen großen persönlichen wie zeitlichen Schwankungen unterworfen sind, sie vor allem auch von der Lebhaftigkeit der Empfindung beeinflußt werden. Es soll ja mit allen diesen Maßen nicht etwa die Normalzeit ein für allemal festgestellt werden, in welcher jene Thätigkeiten vorgehen müssen, sie dürften vielmehr nur die Grenzen abgeben, innerhalb welcher sie erfolgen können.

Daß sie überhaupt meßbar sind, daß ihre Augenblicklichkeit nur eine scheinbare ist, darin liegt der hohe Werth der Thatsachen. Sie geben uns einen Beweis mehr, daß alle jene geistigen Funktionen mit materiellen Vorgängen endlicher Geschwindigkeit Hand in Hand gehen.

Doch gehen wir in unsern Beobachtungen noch eine kleine Strecke weiter. Die Versuche haben ferner gelehrt, daß es für die Schnelligkeit, mit welcher wir irgend einer Empfindung mit unserm Willen folgen, durchaus nicht gleichgültig ist, durch welches Empfindungsorgan jenes vermittelt wurde. Man hat die Zeit gemessen zwischen dem Sehen eines Funkens, dem Hören eines Schalles, einer Geschmacks- oder Hautempfindung einerseits, und stets derselben Handbewegung andererseits, und gefunden, daß sie sehr verschieden ausfallen. So ist die Zeit vom Fühlen in der Stirnhaut zur Handbewegung erheblich kürzer, als die zwischen dem Sehen und derselben Bewegung, und diese wiederum länger als zwischen Hören und Bewegung.

Bedenken wir nun, daß die Wegstrecke, welche die Lichtempfindung bis zum Gehirn zurücklegt, fast eben so lang ist, wie die für die Hautempfindung in der Stirn, also auch der ganze Weg, den Empfindung, Bewußtsein und Wollen in beiden Fällen zurückzulegen haben, gleich ist, so folgt daraus, daß entweder die Lichtempfindung langsamer als die Hautempfindung zu Stande komme; oder, was allerdings wahrscheinlicher ist, daß der Uebergang von der bewußten Empfindung zum Willen, in dem einen Falle, beim Sehen, mehr Zeit brauche, als in dem andern, beim Gefühl.

Für diese einfache Form der Aeußerung, die wesentlich dem Gedanken entspricht: *ich will das vorher verabredete Zeichen geben, daß ich mir einer Empfindung bewußt worden*, brauche ich selbst $\frac{13}{100}$ Sekunden, wenn

ich durch das Gefühl in der Stirn, $\frac{17}{100}$, wenn ich sie durch das Gehör, $\frac{19}{100}$, wenn ich sie durch das Auge empfing.

Daß wir es aber hier nicht etwa mit einer individuellen Begabung meinerseits zu thun haben, geht daraus hervor, daß die Angaben aller bisherigen Beobachter darin übereinstimmen, wenn auch die Unterschiede der einzelnen Werthe für jede Art der Wahrnehmung verschieden ausfielen. Jener früher mitgetheilten Deutung Nicolai's aber, daß der Mangel an Uebereinstimmung solcher Beobachtungen, die gleichzeitig mit Ohr und Auge angestellt worden, seinen Grund finde in der verschiedenen Schnelligkeit der Wirkung vom Auge zum Bewußtsein und vom Ohr zum Bewußtsein, geben die so eben mitgetheilten Thatsachen eine größere Wahrscheinlichkeit.

In allen bisher besprochenen Fällen haben wir die Thätigkeiten in unserem Gehirn stets nur zusammen gemessen, sie lassen sich aber, wie ja aus der ganzen Darstellungsweise bereits hervorgeht, sehr wohl in zwei ganz verschiedene Vorgänge zerlegen — Empfinden und Wollen. Sollte es nicht angehen, wenigstens einen dieser beiden allein, einer Zeitbestimmung zugängig zu machen? Stellen wir uns die Aufgabe, wie in jenem bereits früher mitgetheilten Versuche, auf einem sich mit bekannter Geschwindigkeit bewegenden Cylinder einen Punkt zu machen, so finden wir stets statt dessen eine Linie verzeichnet, deren Länge, wie ja bereits erwähnt, der Zeit entsprach, während welcher der Zeichenstift das Papier berührte. Wir messen damit die Zeit, in welcher ich möglichst schnell hinter einander zwei Bewegungen meiner Hand ausführe, die eine nähert, die andere entfernt den Stift vom Papier, beide Bewegungen werden durch zwei einander folgende Willensimpulse hervorgerufen. Zu diesem ganzen Vorgang brauche ich, wie bereits früher gesagt, $\frac{1}{10}$ Sekunde; berechne ich mir aber nach früherem die Zeit, welche mein Wille braucht, um jeden der beiden

entgegengesetzt wirkenden Muskeln zu beeinflussen, so finde ich für beide zusammen circa $\frac{1}{30}$ Sekunde, d. h. $\frac{1}{3}$ der ganzen Zeit, die übrig bleibenden $\frac{2}{3}$ braucht mein Wille allein, um zwei verschiedene Bahnen hinter einander in Thätigkeit zu setzen. Einem jeden Willensimpulse käme also etwa $\frac{1}{30}$ Sekunde zu, die allein darauf geht, um die Hirnanfänge meiner Bewegungsnerven auszusuchen und in Thätigkeit zu setzen. Stellen wir noch zum Schluß die Geschwindigkeiten einiger der bekanntesten Erscheinungen hier zusammen und vergleichen sie mit jener, mit welcher die Vorgänge in unserm Nervensystem erfolgen, so finden wir:

Die Elektricität legt	circa	1300	Mill.	Fuß	in	1	Sek.	zurück
Das Licht . „	„	900	„	„	„	1	„	„
Der Schall (Luft) „		1000	Fuß	„	„	1	„	„
Eine Kanonenkugel „		1500	„	„	„	1	„	„
Der Adler „	„	100	„	„	„	1	„	„
Ein Renner „	„	75	„	„	„	1	„	„
Eine Lokomotive „		70	„	„	„	1	„	„
Die Erregung der Nerven		90	„	„	„	1	„	„

d. h. eine Kanonenkugel legt in derselben Zeit, welche zwischen unserer Empfindung und der ihr folgenden Willensäußerung verfließt, nahezu 300 Fuß, ein Adler 20 Fuß, der englische Renner und die Lokomotive 14 Fuß zurück. In jener Zeit aber, die, wie wir gesehen haben, zur Gewinnung einer noch so einfachen Vorstellung erfordert wird, würde der Adler bereits 6, die Kanonenkugel 90 Fuß ihres Weges beendet haben, und so sehen wir denn, wird die sprichwörtliche Schnelligkeit unserer Gedanken wohl nicht ganz wörtlich zu nehmen sein, denn schon der einfachste Gedankengang wird von den Schwingen des Adlers weit überholt.

Anmerkungen.

[1]) Hirsch: Chronoscopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke und Nervenleitung in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. Bd. IX.

[2]) Man vergleiche insbesondere den Vortrag von Dr. W. Preyer: über Empfindungen im 39. Hefte unserer Sammlung.

[3]) A. v. Haller: Anfangsgründe der Physiologie. Deutsch von J. G. Hallen. Bd. V. S. 67 ff.

[4]) J. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. I. S. 581 ff.

[5]) E. H. Weber: Der Tastsinn und das Gemeingefühl in Rud. Wagner's Handwörterbuch. Bd. III. S. 488.

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

H&SS
A
6135

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 14 05 25 14 020 7

In derselben Verlagshandlung erschien:

W. Foerster (Dir. der Sternwarte), **Ueber Zeitmaaße und ihre Verwaltung durch die Astronomie.** 7½ Sgr.

G. Herm. Meyer (Prof. in Zürich), **Ueber Sinnestäuschungen.** 7½ Sgr.

J. Rosenthal (Prof.), **Von den elektrischen Erscheinungen.** 7½ Sgr.

A. von Graefe (Prof.), **Sehen und Sehorgan.** Mit 5 Holzschnitten. 10 Sgr.

W. Preyer (Prof. in Bonn), **Ueber Empfindungen.** 7½ Sgr.